

誘電率計を用いたベントナイト混合土の吹付け密度の測定

大成建設（株） 正会員 ○八尋 英恵, 本島 貴之, 磯 さち恵
 (公財) 原子力環境整備促進・資金管理センター 非会員 蓮井 明則、正会員 小林 正人

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分において、ベントナイト混合土の吹付けによる処分坑道の埋め戻し方法が検討されている。施工における品質管理の指標として充填密度が重要であり、一般に土質系材料の密度管理方法としてはサンプリングによる方法、出来型と投入量に基づくかさ密度計測などの方法がある。サンプリングは乾燥密度を求めるのに時間を要し、またかさ密度計測では全体の平均密度しか計測できず局所的な密度が把握できない等の課題がある。このような課題に対し本試験では既往検討¹⁾を参考に、複数箇所での局所的な測定が可能、かつ取り扱いが容易な誘電率計測機器を使用した密度測定方法の適用性を検討した。

2. 使用機器及び使用材料

本試験では ADR 法（振幅領域反射率測定法）による誘電率計を使用した。これは高周波電磁波を発振させ、干渉反射波の振幅差を測定することにより逆解析的に誘電率計周囲の試料の誘電率を求める機器である。使用した誘電率計を図 1 に示す。プローブと接続したハンディモニターより誘電率計の出力値である電圧値を読み取った。なお、本試験ではベントナイト混合土を測定対象とし、その配合比はベントナイト（Na 型ベントナイト）：珪砂（3 号および 5 号）＝50：50 とした。

3. 検量線の作成

誘電率計による乾燥密度測定にあたり、測定対象とする試料での誘電率計出力値と体積含水率の関係からなる検量線を求めた。検量線作成のため、乾燥密度 1.54Mg/m³～1.80Mg/m³の供試体を静的圧縮により作製し、供試体表面の複数点において誘電率計出力値を測定した（図 2）。供試体は高さ 10cm、直径 15cm とし、含水比は 15±0.5%の範囲とした。作成した検量線を図 3 及び式（1）に示す。

$$\theta = 0.120029V + 0.000235 \quad (1)$$

ここで、 θ ：体積含水率 [-]、 V ：誘電率計出力値 [mV]

なお図 3 の破線は検量線の予測値の 95%信頼区間であり、乾燥密度 1.6Mg/m³、含水比 15%の試料で最大±0.07Mg/m³程度の予測値の幅が生じうることを示している。



図 1 誘電率計寸法

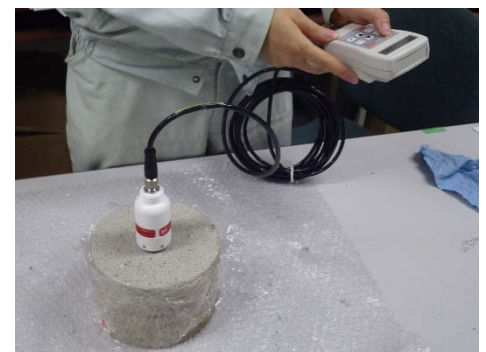


図 2 誘電率計，ハンディモニター

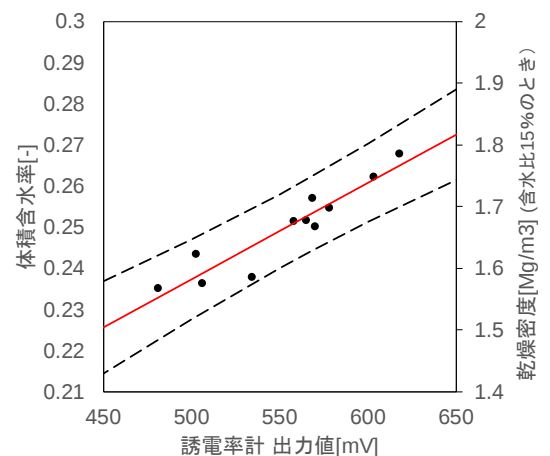


図 3 検量線

キーワード：高レベル放射性廃棄物、ベントナイト混合土の吹付け、密度管理、誘電率計

連絡先：〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設 原子力本部 TEL：03-5381-5315

4. 補正式の作成

誘電率計出力値である電圧値は試料の温度から影響を受ける。温度と誘電率計出力値には正の相関があり、乾燥密度が同じ試料でも温度が高いほど電圧値は高く出力される。また含水比によっても電圧値は変化し、乾燥密度が同じ試料でも含水比が高いほど電圧値が低く出力される。これらの関係を把握し、乾燥密度を測定する際はベントナイト混合土の試料内温度と含水比に応じて誘電率計出力値の補正を行った。

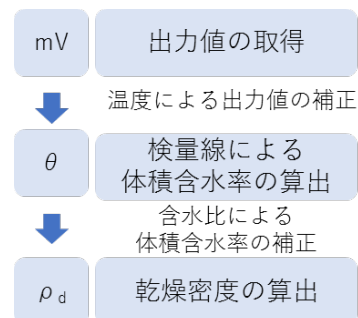


図 4 測定フロー

5. 適用性の確認

誘電率計による乾燥密度測定の適用性の確認のため、ベントナイト混合土の吹付け法面において誘電率測定（図 5）およびサンプリングを実施し、それぞれの乾燥密度を比較した。誘電率計測定では図 4 に示す手順で出力電圧値から乾燥密度を算出した。サンプリングは直径 5cm、高さ 5cm もしくは高さ 2.5cm のサンプリングカップにより誘電率計計測と同じ箇所で実施した。両計測の乾燥密度を図 6 に、試料の含水比および試料内温度を表 1 に示す。測定の乾燥密度の差は 0.3%~3.7%で平均で 2.2%であった。これは乾燥密度 1.6Mg/m³のベントナイト混合土において±0.035Mg/m³程度の差となる。



図 5 測定状況

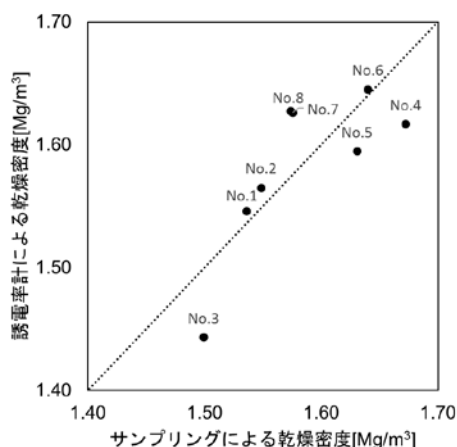


図 6 測定乾燥密度

表 1 測定箇所の含水比、試料内温度

	含水比[%]	試料内温度[°C]
No.1	17.74	4.7
No.2	17.30	4.6
No.3	18.52	0.8
No.4	18.66	0.6
No.5	19.42	1.7
No.6	18.67	1.0
No.7	18.15	0.7
No.8	16.03	2.0

6. まとめ

本試験ではベントナイト混合土の吹付けにおける誘電率計による乾燥密度測定の適用性を確認するため、誘電率計出力値と乾燥密度（体積含水率）の関係からなる検量線の作成、温度・含水比の補正式の作成、誘電率計計測とサンプリングによる乾燥密度の比較を行った。誘電率計とサンプリングによる乾燥密度の差は平均で 2.2%であった。これより誘電率計による乾燥密度計測は、乾燥密度 1.6Mg/m³のベントナイト混合土において±0.035Mg/m³程度の精度で計測できることを確認した。

なお本報告は、経済産業省からの委託による「高レベル放射性廃棄物等の地層処分に關する技術開発事業（可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発）」の成果の一部である。

参考文献：1) T.Sakaki 他, FE Experiment: Density measurement of granulated bentonite mixture in a 2D pre-test using a dielectric moisture profile probe, Clays in Natural and Engineered Barriers for Radioactive Waste Confinement, 2015